

ANDRÉA LACERDA BITENCOURT

MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DA SEMENTE, PARTICIONAMENTO DE MATÉRIA SECA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE FEIJOEIRO (**Phaseolus vulgaris** L. c.v. Pintado) SOB INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia: área de concentração Fisiologia Vegetal, para a obtenção do grau de Magister Scientiae.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992

DEPARTAMENTO

DE AGRICULTURA

DE LAVRAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

AV. PINTADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

ANDRÉA LACERDA BITENCOURT

UTILIZAÇÃO DE RESERVAS DA SEMENTE, PARTÍCULO
DESENVOLVIMENTO DE MATÉRIA SECA E DESENVOLVIMENTO
INICIAL DE PLANTAS DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.
c.v. Pintado) SOB INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO

Tratamento apresentado à Escola Superior
de Agricultura de Lavras como parte das
exigências do curso de Mestrado em
Agronomia, área de concentração em
Fisiologia Vegetal, para a obtenção do grau
de Mestre em Ciências.

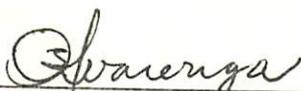
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

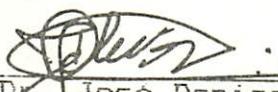
1993

MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DA SEMENTE, PARTICIONAMENTO
DE MATÉRIA SECA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS
DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Pintado)
SOB INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO

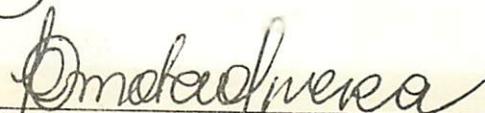
APROVADA:



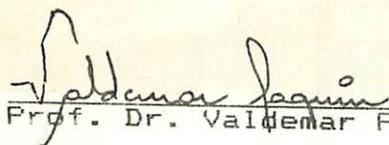
Prof. Dr. Amáuri Alves de Alvarenga



Prof. Dr. José Donizete Alves



Prof. Dr. Luiz Édson Mota de Oliveira



Prof. Dr. Valdemar Faquin

Aos meus queridos e amados pais
Pedro e Ivone
Aos meus irmãos Cacá e Bruno
À minha amiga Rita Castro
pelo carinho, incentivo, e
apoio em todos os sentidos

DEDICO

Senhor eu te agradeço, por me permitir conhecer com tanta profundidade parte de tua criação.

Quando, ainda criança, ficava tentando entender como uma árvore conseguia "tirar" a água da terra e leva-la até a última folhinha; ficava intrigada, sem conseguir explicar como uma sementinha de feijão, tão pequena, podia em pouco tempo, crescer e se transformar numa planta que nos daria centenas de grãosinhos como aquele inicial.

Hoje, Pai querido, te louvo por me ter concedido o privilégio de estudar e entender um pouco da fisiologia das plantas.

É tudo tão harmônico que por diversas vezes me comovi durante as explicações dadas durante as aulas.

Estudar as relações hídricas nas plantas, os processos fisiometabólicos tais como respiração e fotossíntese, o crescimento e desenvolvimento vegetal, foi maravilhoso.

Senhor, tuas obras são perfeitas. Obrigada pela oportunidade de conhecê-las.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pai querido, sempre presente, vivificando-me a cada dia.

Aos meus pais Pedro e Ivone pelo amor, carinho e pela grande amizade compartilhados em momentos decisivos de minha vida.

À minha irmã Cláudia, pela dedicação e ajuda despretenciosa nos momentos difíceis.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, na pessoa do professor Juventino Júlio de Souza pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino e Pesquisa (CAPES) pelo privilégio concedido desde a graduação (1985) com o Programa Especial de Treinamento (PET) incentivando-me na área científica, até 1988 com a concessão de bolsa de estudo a nível de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais FAPEMIG, pelo financiamento da pesquisa realizada.

Ao Departamento de Biologia da ESAL, nas pessoas dos professores Luiz Edson Mota de Oliveira e Amauri Alves de Alvarenga, que com grande luta e dedicação, não mediram esforços para a implantação do Curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal,

buscando manter um curso de alto nível

Ao professor Amauri Alves de Alvarenga, pelo apoio, e pela amizade dando-me um exemplo de humildade durante o convívio professor-aluno.

Ao professor José Donizete Alves pela orientação, apoio e amizade em todos os momentos que precisei.

Ao professor Luiz Édson Mota de Oliveira pelos ensinamentos, pela amizade e pelo incentivo no transcorrer do curso.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho e Valdemar Faquin pelas críticas e oportunas sugestões.

Ao professor Ruben Delly Veiga pela atenção e paciência

Aos colegas Angela de Fátima Abreu e Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pela fundamental ajuda nas análises estatísticas.

Aos colegas do curso de mestrado em Fisiologia Vegetal e demais cursos de pós-graduação, pela colaboração e agradável convivência durante o decorrer do curso.

Aos funcionários, em especial à Ana Iza e Valério e ao bibliotecário Marcinho pela despretenciosa ajuda dada.

Aos amigos Antônio Lucineudo de Oliveira Freire e Carlos Antônio Ferreira de Souza pela atenção e companheirismo.

Ao querido Etel pelo convívio enriquecedor, pelo carinho e pela grande amizade durante todos esses anos.

À grande amiga Rita pela ajuda, paciência e apoio dados em momentos de tanta necessidade.

Às queridas Francisca, D. Geralda e D. Saide, pela amizade.

Enfim, a todos aqueles que auxiliaram de algum modo na realização deste trabalho, o meu sincero reconhecimento.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Andréa Lacerda Bitencourt, filha de Pedro Alberto Taques Bitencourt e Ivone Lacerda Bitencourt, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais a 7 de junho de 1966.

Iniciou o curso de 1^o grau na Escola Estadual Bernardo Monteiro, concluindo-o no Colégio Santo Agostinho, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Cursou os 2 primeiros anos do 2^o grau no Colégio Santo Agostinho, e o 3^o ano no Colégio Pitágoras (1980 a 1983).

Em fevereiro de 1984 iniciou o curso de Biologia na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, concluindo-o em dezembro de 1987.

Iniciou o curso de pós-graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fisiologia Vegetal, na Escola Superior de Agricultura de Lavras Minas Gerais, em fevereiro de 1988, concluindo-o em dezembro de 1991.

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| LISTA DE QUADROS | x |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Revisão de literatura | 3 |
| 2.1. Processo germinativo e mobilização de reservas | 3 |
| 2.2. Absorção, transporte e alterações fisiológicas decorrentes da deficiência de nitrogênio durante a germinação e crescimento da plântula | 7 |
| 3. Material e métodos | 11 |
| 4. Resultados e discussão | 16 |
| 4.1. Análise do crescimento vegetativo | 16 |
| 4.2. Mobilização e particionamento do nitrogênio | 25 |
| 4.3. Eficiência de utilização do nitrogênio (EUN). | 30 |
| 5. Conclusões | 33 |
| 6. Resumo | 35 |
| 7. Summary | 38 |
| 8. Referências bibliográficas | 41 |
| 8. Apêndice | 53 |

LISTA DE QUADROS

| Quadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Composição da solução nutritiva completa segundo GUAZZELLI (1988) modificada | 12 |
| 2 | Composição da solução nutritiva sem nitrogênio segundo GUAZZELLI (1988) modificada | 12 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Peso da matéria seca das diferentes partes da planta de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados: água destilada (—x—), solução nutritiva sem nitrogênio (—o—), solução nutritiva completa (—■—) | 17 |
| 2 | Área foliar (A); altura da planta (B); relação parte aérea/raiz (C); área foliar específica (D) em plântulas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados: água destilada (—x—), solução nutritiva sem nitrogênio (—o—), solução nutritiva completa (—■—) | 19 |
| 3 | Conteúdo de nitrogênio total nas diferentes partes da planta de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados: água destilada (—x—), solução nutritiva sem nitrogênio (—o—), solução nutritiva completa (—■—) | 26 |

Figura

Página

4 Eficiência na utilização de nitrogênio das diferentes partes da planta de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados: água destilada (—x—), solução nutritiva sem nitrogênio (—o—), solução nutritiva completa (—■—) 31

1. INTRODUÇÃO

Durante a germinação, os constituintes das sementes tais como carboidratos, lipídeos, proteínas e minerais são intensamente hidrolisados e mobilizados a fim de suprirem a demanda para a retomada de crescimento do eixo embrionário e o posterior desenvolvimento da plântula. Neste processo, as reservas nitrogenadas são de fundamental importância, por serem constituídas de aminoácidos, proteínas e clorofilas.

Em leguminosas, de maneira geral, discute-se a validade da aplicação exógena de nitrogênio, uma vez que elas, pelo menos em parte, são capazes de se auto-suprirem via fixação simbiótica. Em feijão, sabe-se que o mesmo apresenta uma elevada exigência de nitrogênio, em decorrência das altas concentrações de proteínas existentes em seus tecidos. Entretanto, para esta cultura, a fixação do nitrogênio atmosférico pelos nódulos não é tão eficiente quanto a de outras leguminosas, suprimindo apenas em cerca

de 20% do nitrogênio necessário para o crescimento e desenvolvimento da planta. Isto, exige uma adubação nitrogenada suplementar a fim de se obter ao final do ciclo da cultura uma boa produtividade (em torno de 1500 Kg / ha).

A nível de campo, normalmente é feita uma adubação de plantio utilizando-se NPK, acrescida de uma adubação em cobertura com nitrogênio em torno do 25^o dia, podendo também ser feita uma única adubação nitrogenada aos 20 dias após o plantio. No último caso, corre-se o risco de submeter as plantas a um período de deficiência de nitrogênio compreendido entre o esgotamento das reservas cotiledonares e o início da atividade dos nódulos. Esta condição pode comprometer o estabelecimento da plântula, levando-a conseqüentemente, a uma queda de produção. ~~✗~~

De acordo com o exposto, objetiva-se neste trabalho: avaliar a mobilização de reservas da semente, o particionamento de matéria seca e o crescimento inicial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Pintado) sob influência do nitrogênio no meio de cultivo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Processo germinativo e mobilização de reservas

A germinação é um processo fisiológico caracterizado por uma rápida absorção de água, a qual possibilita diretamente a hidrólise e mobilização dos materiais de reserva da semente e sua posterior utilização na retomada de crescimento do eixo embrionário (INGLE et alii, 1964).

Após o período de embebição, as sementes passam rapidamente por um estágio dinâmico caracterizado por um súbito aumento no metabolismo e conseqüentes mudanças morfológicas e fisiológicas (MAYER & SHAIN, 1974; ASHTON, 1976). As reservas armazenadas nos cotilédones de plantas dicotiledôneas ou preferencialmente no endosperma de sementes de plantas monocotiledôneas, constituem-se normalmente por carboidratos, lipídeos, proteínas e minerais que são hidrolisados fornecendo energia metabólica e esqueletos de carbono para o crescimento do eixo embrionário (YOCUN, 1925;

ASHTON, 1976; ROSENBERG & RINNE 1987).

Plantas cuja germinação é hipógea, os cotilédones funcionam apenas como órgãos armazenadores de substâncias capazes de nutrir o embrião (NDUNGURU & SUMMERFIELD, 1975; HARRIS et alii, 1986); ao passo que em plantas com germinação epígea os mesmos podem desempenhar função fotossintética, proporcionando assim, economia de carbono para as plântulas antes das folhas possuírem contribuição significativa (LOVELL & MOORE, 1970; 1971; SMITH, 1983; HARRIS et alii, 1986). Por outro lado, em soja, cuja germinação é epígea, observou-se que os cotilédones são estruturas intermediárias entre os tipos assimilatório e armazenador (SMITH, 1983), iniciando o processo fotossintético logo após a emergência da plântula (MCALISTER & KROBER, 1951). No caso do feijoeiro, cuja germinação é epígea, os cotilédones aparentemente, não atuam somente como armazenadores de nutrientes, visto que, o crescimento de plantas com os cotilédones destacados em meio nutritivo completo, foi limitado (DOSTAL, 1967). As funções cotiledonares durante o processo germinativo variarão de acordo com o período em que os mesmos permanecerão inseridos à plântula e com a sua área de superfície (BLACK, 1956; LOVELL & MOORE, 1970; MACHADO et alii, 1974).

Em relação a mobilização de reservas, observou-se em sementes de cereais, que o material hidrolisado no endosperma é transferido para o embrião através do escutelo. Em sementes de *Ricinus communis*

e de *Euphorbia lathyris* observaram-se uma hidrólise de proteínas e amido em aminoácidos e açúcares, respectivamente, sendo esses produtos direcionados para várias partes das plantas em crescimento (ROBINSON & BEEVERS, 1981; BEWLEY & BLACK, 1985).

A utilização de carboidratos durante a germinação e crescimento de plântulas de leguminosas tem sido metabolicamente, bem caracterizada (MCALISTER & KROBER, 1951; ABRAHAMSEN & SUDIA, 1966; ADAMS & RINNE, 1980; ROSENBERG & RINNE, 1987). Durante este período, enzimas tais como a α e β amilases sofrem um incremento na sua atividade e concentração, degradando intensamente o amido à açúcares que serão utilizados, posteriormente, para a emergência da parte aérea (YONO & VARNER, 1973; FERREIRA et alii, 1979). Esses processos são acompanhados por um decréscimo no peso da matéria seca dos cotilédones, caracterizando a utilização de açúcares solúveis e compostos nitrogenados para o crescimento do eixo embrionário e posteriormente da plântula (MCALISTER & KROBER, 1951; ADAMS & RINNE, 1980; HARRIS et alii, 1986; ROSENBERG & RINNE, 1987).

No que diz respeito às proteínas, após a hidratação das sementes, o eixo embrionário passa a ser suprido com aminoácidos oriundos da hidrólise protéica, além de cátions inorgânicos e compostos fosfatados tais como fitina e inositol, estocados nos corpúsculos protéicos ou grãos de aleurona (MILLER, 1910; BEEVERS & GUERNSEY, 1966; DAUSSANT et alii, 1969; ASHTON, 1976; BEWLEY &

BLACK 1985; ROSENBERG & RINNE, 1987; ELPIDINA et alii, 1990; LAWRENCE et alii, 1990).

O processo de degradação dos corpúsculos protéicos é regulado por enzimas hidrolíticas, algumas das quais são aparentemente armazenadas nestas organelas durante a maturação das sementes, enquanto as outras são sintetizadas de novo durante a germinação (HARRIS & CHRISPEELS, 1975; CHRISPEELS et alii, 1976; METTLER & BEEVERS, 1979; VAN DER WILDEN et alii, 1980; VAN DER WILDEN & CHRISPEELS, 1983). Em cotilédones de feijão, a atividade proteolítica inicial parece adequada para a hidrólise protéica (PUSZTAI & DUNCAN, 1971), visto que os inibidores presentes desaparecem rapidamente nos primeiros estádios da germinação (PUSZTAI, 1972). Os aminoácidos liberados podem então ser prontamente utilizados para a síntese de novas enzimas a nível de cotilédones e regiões meristemáticas (BEEVERS & GUERNSEY 1966; ASHTON, 1976; ROBINSON & BEEVERS, 1981), podendo também ocorrer inter-converções de aminoácidos, conforme observado em sementes de *Euphorbia lambi* e *Euphorbia canarienses* (GROENEVELD et alii 1988). Neste aspecto, pesquisas evidenciam que o nível de aminoácidos livres nos cotilédones é um fator determinante no processo de hidrólise protéica (GROENEVELD et alii, 1988).

Com relação ao tamanho dos cotilédones de plantas de feijão e de soja pesquisas constataram uma grande relação desta característica com o desenvolvimento das plantas (HENSON & TAYMAN,

1961; ABRAHAMSEN & MAYER, 1967; LOWELL, 1970). De um modo geral plântulas mais desenvolvidas de *Phaseolus vulgaris* são provenientes de sementes maiores em relação às pequenas, especialmente nos estádios iniciais de crescimento (HARPER & OBEID, 1967; SCHAAL, 1980; ZIMMERMAN & WEIS, 1983). Essas diferenças no tamanho inicial das plântulas podem persistir até a maturidade (SCHAAL, 1980; WEIS, 1982) ou desaparecem com o decorrer do tempo (HARPER & OBEID, 1967; ZIMMERMAN & WEIS, 1983).

2.2 - Absorção, transporte, e alterações fisiológicas decorrentes da deficiência de nitrogênio durante a germinação e crescimento da plântula

Durante a germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas, os minerais, com exceção do cálcio e do zinco são remobilizados e translocados via floema e/ou xilema para atender o desenvolvimento de raízes e caule. Como resultado, as plântulas podem crescer durante um determinado tempo, sem a necessidade de fornecimento exógeno de nutrientes minerais (MARSCHNER, 1986). No que diz respeito a absorção de nutrientes pelas plantas, parece que estas controlam seletivamente os solutos presentes no solo (RENDIG & TAYLOR, 1989). Entretanto, diante de alta disponibilidade de um determinado nutriente no substrato de

cultivo, a absorção é superior às necessidades das mesmas, resultando no armazenamento do elemento em vacúolos, caracterizando assim o "consumo de luxo" (WHITE, 1972; KUIPER & KUIPER, 1979; VEERKAMP & KUIPER, 1982). Eventualmente, estes elementos serão utilizados pelas próprias plantas em situações em que haja restrições na absorção daquele nutriente.

A principal forma de suprimento nitrogenado para as plantas é o nitrato. Este possui grande mobilidade no solo, além de estar normalmente mais acessível para a absorção pelas raízes. Após ser absorvido, uma parte é reduzida a nitrito numa reação catalizada pela enzima redutase do nitrato, e posteriormente a amônio. Em alface foi também verificado que o nitrito pode também se combinar com as aminas formando as nitrosaminas (VAN DER BOON et alii, 1990).

Apesar da multiplicidade das causas (CHAPIN, 1980), tem-se verificado que a indução da atividade da enzima redutase do nitrato é consequência da taxa de absorção NO_3^- (CHAPIN, 1980; JACKSON et alii, 1973). Segundo MORGAN et alii (1985) a absorção e redução do nitrato são processos independentes catalisados respectivamente por uma permease e redutase de nitrato. Existem entretanto, evidências de que a redutase de nitrato funcionaria como proteína transportadora de NO_3^- na membrana plasmática (BUTZ & JACKSON, 1977; JACKSON et alii, 1973; NEYRA & HAGEMAN, 1975).

Com relação ao armazenamento de nitrato em tecidos vegetais,

OSCARSON & LARSSON (1986) observaram uma compartimentalização intracelular, não estando este ânion, muitas vezes disponível para a sua utilização imediata. HEIMER & FILNER (1970) sugeriram a existência de dois *pools* de nitrato: um pequeno no citoplasma ou *pool* metabólico, que determina a síntese e/ou a atividade da redutase de nitrato e outro inacessível a ela, no vacúolo ou *pool* de armazenamento.

De uma maneira geral, a remobilização de nitrogênio é feita principalmente na forma de asparagina, aspartato, glutamato, glutamina e arginina, sendo em leguminosas, a asparagina, a principal forma de nitrogênio translocado (GOODWIN & MERCER, 1983). No que diz respeito às alterações fisiológicas decorrentes da deficiência de nitrogênio, esta intensifica a síntese do ácido abscísico em plantas (ZEEVAART & BOYER, 1984), acarretando num fechamento estomático e por conseguinte, na redução da transpiração, da absorção de água e uma queda do potencial fotossintético (SCHULZE, 1982; FIELD & MOONEY, 1983; 1986).

Além disto, o estresse nitrogenado reduz a expansão da área foliar devido à diminuição na taxa de divisão celular (PATE, 1980), limitando a taxa fotossintética (GREGORY, 1926; CROWTHER, 1934; WATSON, 1947; MORTON & WATSON, 1948) em decorrência da redução da fixação de CO₂ por unidade de área foliar (NATR, 1972).

Constata-se, portanto, a grande atuação do nitrogênio nos processos de mobilização de reservas da semente, no

particionamento de matéria seca e no crescimento inicial de plantas, fundamentando-se assim, a importância da execução deste trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), utilizando-se sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Pintado) provenientes da Seção de Genética e Melhoramento de Plantas da ESAL.

Utilizou-se como substrato de cultivo areia lavada inicialmente com água de torneira para a retirada das partículas de argila e em seguida com ácido clorídrico comercial por 24 horas. Após este período, a areia foi lavada com água de torneira sendo então submetida por 24 horas a um tratamento com NaOH a 10% e novamente lavada com água corrente por cerca de 5 horas. O pH foi então determinado ficando na faixa de 5,8 a 6,2.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso distribuídos em esquema fatorial 3 x 5, com 5 repetições, sendo :

a) 3 condições nutricionais: solução nutritiva completa (Quadro 1), solução nutritiva sem nitrogênio (Quadro 2), e água destilada;

Quadro 1 - Composição da solução nutritiva completa segundo GUAZZELLI (1988) modificada.

| SOLUÇÃO ESTOQUE | CONCENTRAÇÃO (M) | $\frac{1}{ml/l}$ |
|--|------------------|------------------|
| Ca(H ₂ PO ₄) ₂ | 0,1 | 5,0 |
| CaSO ₄ | 1,00 | 1,5 |
| KNO ₃ | 1,00 | 3,0 |
| K ₂ SO ₄ | 1,00 | 0,5 |
| MgSO ₄ | 1,00 | 1,0 |
| NH ₄ SO ₄ | 1,00 | 0,5 |
| CuSO ₄ | 0,40 | 1,0 |
| FeSO ₄ | 0,70 | 1,0 |
| H ₂ Mo ₄ | 0,08 | 1,0 |
| H ₃ BO ₃ | 0,39 | 1,0 |
| MnSO ₄ | 0,08 | 1,0 |
| ZnSO ₄ | 1,00 | 1,0 |

$\frac{1}{ml}$ da solução estoque por litro da solução de cultivo

Quadro 2 - Composição da solução nutritiva sem nitrogênio segundo GUAZZELLI (1988) modificada.

| SOLUÇÃO ESTOQUE | CONCENTRAÇÃO (M) | $\frac{1}{ml/l}$ |
|---------------------------------|------------------|------------------|
| CaSO ₄ | 0,1 | 20,0 |
| K ₂ HPO ₄ | 1,00 | 1,0 |
| K ₂ SO ₄ | 1,00 | 1,0 |
| MgSO ₄ | 1,00 | 1,0 |
| CuSO ₄ | 0,40 | 1,0 |
| FeSO ₄ | 0,70 | 1,0 |
| H ₂ Mo ₄ | 0,08 | 1,0 |
| H ₃ BO ₃ | 0,39 | 1,0 |
| MnSO ₄ | 0,08 | 1,0 |
| ZnSO ₄ | 1,00 | 1,0 |

$\frac{1}{ml}$ da solução estoque por litro da solução de cultivo

b) 5 épocas de coletas: 6, 10, 12, 16 e 20 dias após semeadura (DAS), que corresponderam a 3, 7, 9, 13 e 17 dias após a aplicação dos tratamentos nutricionais. Cada parcela experimental foi constituída por 1 copo plástico contendo 4 plantas. 

Antes do plantio, sementes de feijão foram previamente selecionadas por tamanho, sendo então desinfectadas com etanol a 70% (3 minutos), hipoclorito de sódio a 1% (3 minutos) e ácido clorídrico 0,01 N (2 minutos), conforme sugerido por (GUAZZELLI, 1988). Em seguida, as sementes foram lavadas com água destilada corrente por 3 minutos e submetidas a pré-germinação entre duas camadas de papel tipo germi-teste, constantemente embebidas em água destilada, durante um período de 72 horas em sala de crescimento, onde o experimento foi conduzido com uma radiação média de $150 \text{ a } 210 \text{ mmol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$ a 45 e 25 cm do sistema de iluminação, respectivamente. Três dias após a semeadura, quatro sementes de tamanho uniforme foram transplantadas para copos plásticos de 500 ml, perfurados no fundo. Estes foram sobrepostos a copos com capacidade para 300 ml. Durante o período experimental o seguinte esquema de irrigação foi utilizado: 

- 1) Saturação do substrato de cultivo com 160 ml/copo, de solução correspondente ao tratamento nutricional;
- 2) Irrigação após o transplante (120 ml de solução);
- 3) Irrigação diária, utilizando-se o volume da solução grenada, completando-se o volume para 120 ml, com água destilada.

As trocas das soluções foram realizadas aos 5, 10, e 15 dias após o transplântio, lavando-se a areia com 160 ml de água destilada e em seguida, com 160 ml da solução nutritiva correspondente. Finalmente, irrigou-se cada copo com 120 ml do tratamento.

Em cada época de coleta, determinou-se a área foliar, segundo GOMIDE (1989).

$$A = 1,1286 \times c^2$$

onde

A = área foliar (cm²)

c = comprimento do foliolo central (cm), medido ao longo da nervura central do mesmo.

Obteve-se também o comprimento do caule (cm), levando-se em consideração a região compreendida entre o colo e o ápice da plântula. Após cada medição as plantas foram seccionadas em raízes, caule, cotilédones e folhas, submetidas a secagem em estufa com ventilação forçada a 70°C por 72 horas e em seguida pesadas para a determinação do peso da matéria seca (g). O conteúdo de nitrogênio de raízes, caule, cotilédones e folhas foi calculada com base no teor do mesmo no tecido (KJELDON, 1965) e a respectiva produção de matéria seca.

→ A eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) foi obtida de acordo com o modelo proposto por SIDDIQI & GLASS (1981):

$$EUN = \frac{MS}{C} \quad \text{ou} \quad EUN = \frac{(MS)^2}{Q}$$

onde:

MS = matéria seca (g)

C = concentração de nitrogênio (%)

Q = quantidade de nitrogênio (mg)

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Análise do crescimento vegetativo

O peso dos cotilédones sofreu uma abrupta queda entre 6 e 10 DAS, estabilizando-se a seguir até o vigésimo dia (Figura 1A). Paralelamente ao decréscimo no peso dos cotilédones, constatou-se um acentuado ritmo de incremento da matéria seca foliar, independente do tratamento utilizado (Figura 1B). Tal fato demonstra que as reservas cotilédones, provavelmente, estavam sendo mobilizadas intensamente, para a folha. Durante o período em que se encontram atuantes, os cotilédones são responsáveis pelo suprimento de reservas minerais e de carbono para a produção de energia e biossíntese de compostos estruturais para o crescimento e desenvolvimento da planta (HARRIS et alii, 1986; ROSENBERG & RINNE, 1987). Evidencia-se portanto, que as reservas cotilédones foram as principais responsáveis pelo crescimento foliar nos

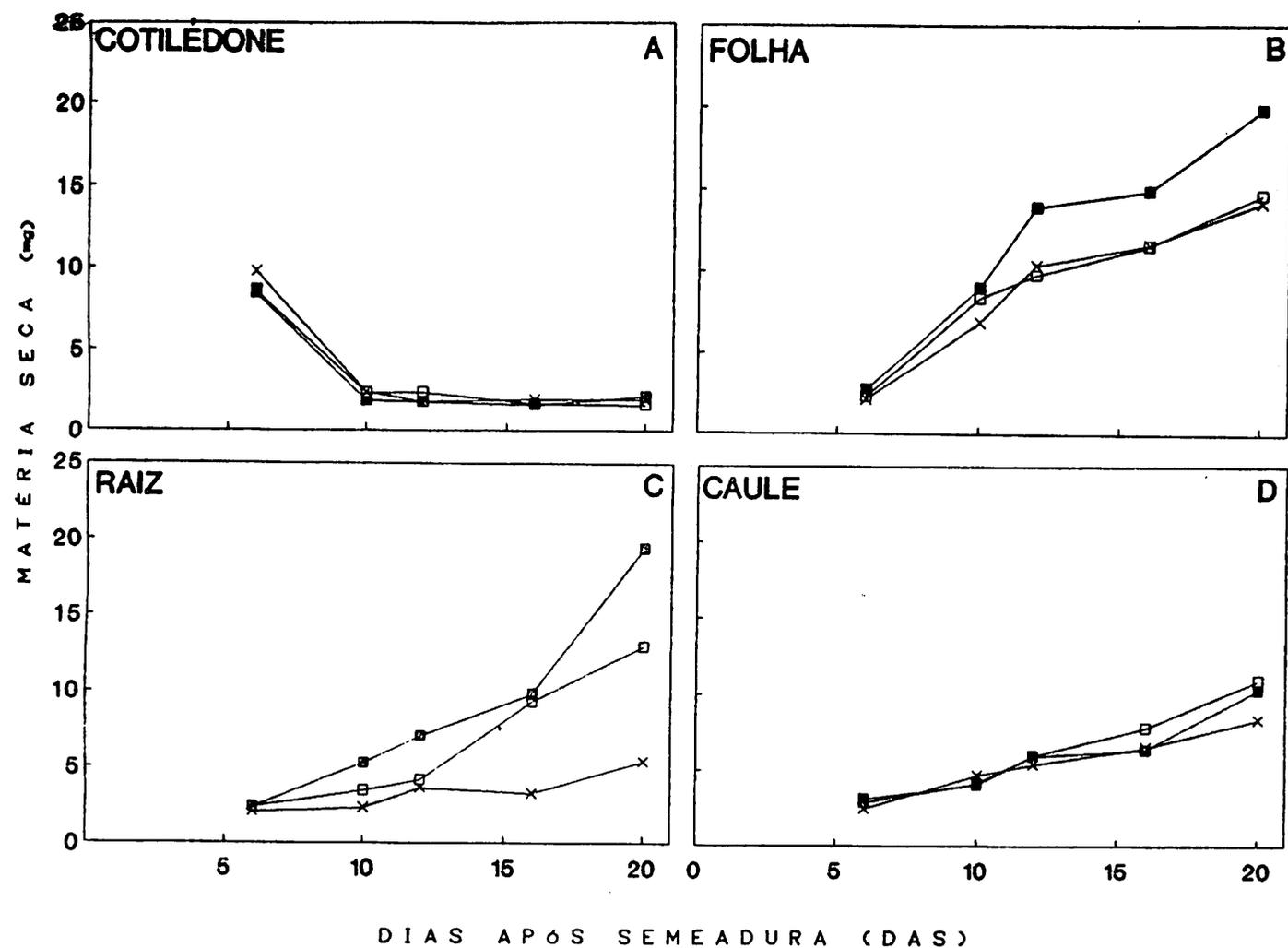


Figura 1 - Peso da matéria seca das diferentes partes da planta de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados : água destilada —x— ; solução nutritiva sem nitrogénio —o— ; solução nutritiva completa —■— .

primeiros 10 dias, uma vez que a nutrição mineral (solução nutritiva completa e solução nutritiva sem nitrogênio) não foram as principais responsáveis pelo crescimento foliar nos primeiros 10 dias.

A partir dos 10 ^{dias} /DAS quando ocorreu a paralisação na perda de peso dos cotilédones, a nutrição mineral passou a definir o ritmo do crescimento da folha. O maior incremento de matéria seca foliar ocorreu quando utilizou-se solução nutritiva completa. Entretanto na ausência do nitrogênio (solução nutritiva sem nitrogênio e água destilada), a taxa de crescimento foliar ainda continuou aumentando na mesma proporção. Portanto, parece que o nitrogênio e as demais reservas minerais endógenas ainda foram suficientes para atender a demanda de crescimento da folha, ainda que em menores níveis. Neste aspecto, observa-se que o fornecimento de nitrogênio no substrato de cultivo promoveu ao final do período experimental um incremento de cerca de 40% no peso da matéria seca foliar quando comparado a solução nutritiva sem nitrogênio e a água destilada, que não diferiram entre si, apresentando em média, durante o período experimental uma resposta semelhante.

Estas restrições no desenvolvimento foliar são consequência da participação do nitrogênio na estrutura molecular das clorofilas, proteínas estruturais e enzimáticas, ATP, coenzimas, dentre outras moléculas importantes (SAU & MINGUEZ, 1990).

Com relação a área foliar (Figura 2A) observa-se que com a

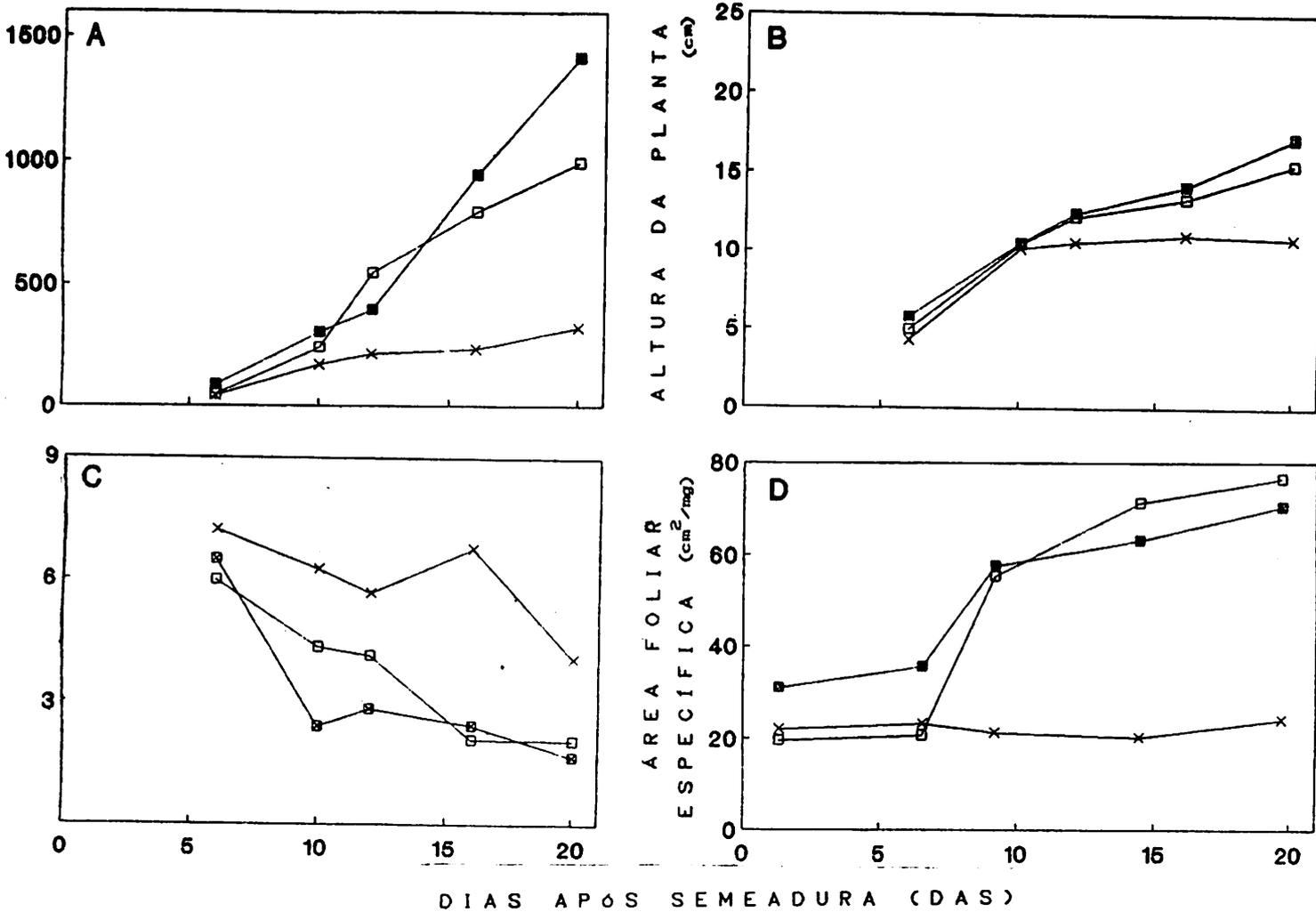


Figura 2 - Área foliar (A); altura da planta (B); relação parte aérea/raiz (C); área foliar específica (D); em plantas de feijão, em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados ; água destilada —x— ; solução nutritiva sem nitrogênio —o— ; solução nutritiva completa —■— .

utilização da água destilada que houve um pequeno aumento na mesma até os 12 DAS, a partir daí permaneceu constante até o final do experimento. Paralelamente, observa-se também uma expansão foliar crescente quando as plantas foram submetidas ao tratamento com solução nutritiva completa e solução nutritiva sem nitrogênio, sendo entretanto, superior quando houve disponibilidade de nitrogênio no meio de cultivo. Assim, conclui-se que não foi apenas o nitrogênio, o responsável pela expansão foliar até os 20 DAS, mas além deste elemento, os demais nutrientes presentes na solução nutritiva, determinaram também o incremento na taxa de crescimento foliar. Resultados semelhantes foram observados em plantas de ervilha (DEJONG & PHILLIPS, 1981) e de soja (RUFTY et alii, 1984), nas quais a ausência de nitrogênio acarretou em menores áreas foliares. Estudos têm demonstrado que redução no suprimento de NO_3^- via radicular, pode diminuir a taxa de fotossíntese, provocando por sua vez diminuição no suprimento de carboidratos para as raízes. Um decréscimo de 50% no fluxo de NO_3^- em plantas de feijão pode reduzir a área foliar em até 30% (SILVEIRA, 1987). No presente estudo, tal limitação, decorrente do efeito direto da ausência do nitrogênio, ocorreu provavelmente em função de uma redução na fotossíntese ou mesmo pela inibição do crescimento em decorrência da redução na divisão celular (BROWER, 1962; RYLE & HESKETH, 1969; CLEMENTE et alii, 1979; DREW et alii, 1979; RUFTY et alii, 1984; CHAPIN et alii, 1988).

A semelhança das folhas, (Figura 1B) a taxa de acúmulo de matéria seca radicular (Figura 1C) não variou significativamente em função dos tratamentos até os 10 DAS embora tenha havido uma tendência de um maior crescimento nos tratamentos com solução nutritiva completa e sem nitrogênio. Nesta época, as folhas funcionaram como drenos preferenciais em relação às raízes, uma vez que elas apresentaram as maiores taxas de crescimento no período. A partir de então, pôde-se observar um comportamento diferencial das taxas de incremento de matéria seca radicular, em função da disponibilidade de nutrientes no substrato de cultivo das plantas. Aos 20 DAS, o maior incremento de matéria seca radicular foi obtido utilizando-se solução nutritiva completa. A ausência de nitrogênio acarretou numa redução de 40% no peso da matéria seca radicular, ao passo que a ausência total dos nutrientes exógenos reduziu em cerca de 75% o peso radicular. Resultados semelhantes foram obtidos por SAU & MINGUEZ (1989), os quais observaram em plantas de soja supridas com nitrogênio, um incremento de matéria seca do sistema radicular aos 20 DAS, que correspondeu ao dobro do peso em relação as plantas noduladas (não computando os nódulos).

Em relação ao caule (Figura 1D), constatou-se um incremento do peso da matéria seca praticamente linear até o final do experimento, não havendo entretanto, diferenças significativas entre os tratamentos.

Concomitantemente ao incremento da matéria seca do caule (Figura 1D) ocorreu também um aumento na altura da planta (Figura 2B). Observa-se que até os 10 DAS, não houveram diferenças nas taxas de crescimento caulinar entre os tratamentos. A partir de então, quando utilizou-se água destilada, obteve-se uma estabilização na altura caulinar em torno de 10 cm, ao passo que a utilização de solução nutritiva completa e sem nitrogênio, proporcionou um crescimento caulinar contínuo, não diferindo significativamente entre si. Observa-se portanto, que até os 20 DAS, o nitrogênio não foi o nutriente que exerceu papel determinante no crescimento caulinar, podendo estarem envolvidos outros nutrientes. Além disto, o crescimento diferenciado do caule em resposta aos tratamentos, não foi associado ao incremento de matéria seca do mesmo, visto que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos para acúmulo de matéria seca caulinar durante os 20 DAS (Figura 2B). Constatou-se, no entanto, a ocorrência de estiolamento caulinar das plantas irrigadas com solução nutritiva com e sem nitrogênio, o que poderia explicar maiores crescimentos em altura não associados a incremento de peso.

A relação parte aérea/raiz (Figura 2C) apresentou uma redução nos valores até os 10 DAS, sendo mais acentuada quando utilizou-se solução nutritiva com nitrogênio, e inferior com o uso da água destilada e solução nutritiva sem nitrogênio. A disponibilidade de

nitrogênio no meio de cultivo, favoreceu um maior crescimento das raízes quando comparadas às folhas e caule (Figuras 1B e 1D), diminuindo assim a relação parte aérea/raiz, especialmente até os 12 DAS . Todavia, quando as plantas foram submetidas a ausência do nitrogênio e a água destilada observou-se um crescimento foliar e caulinar semelhante, porém como o crescimento radicular foi um pouco superior nas plantas que receberam solução nutritiva sem nitrogênio (Figura 1C), houve uma queda mais acentuada da relação parte aérea/raiz do que a obtida pelo tratamento com água destilada.

Durante todo o experimento, constatou-se (Figura 1C) que a relação parte aérea/raiz das plantas tratadas com água destilada, foi superior a dos demais tratamentos, sendo resposta a um crescimento proporcionalmente maior ocorrido na parte aérea em relação a raiz. Observa-se (Figuras 1B e 1C) na parte aérea um crescimento constante em função da idade da planta em relação as raízes que tiveram um crescimento muito reduzido.

Em contrapartida, as plantas cultivadas na ausência de nitrogênio e aquelas supridas com todos os nutrientes apresentaram uma redução na relação parte aérea/raiz quando comparadas àquelas cultivadas na presença de água destilada. Isto se deveu ao incremento proporcionalmente maior ocorrido no peso da matéria seca radicular em relação a parte aérea das plantas cultivadas na presença e na ausência de nitrogênio. Este comportamento

diferencial observado no crescimento da parte aérea e da raiz, deveu-se provavelmente à dependência do nitrogênio para os processos vitais tal como a fotossíntese, considerando-se a participação do mesmo na estrutura molecular das clorofilas e também na síntese de proteínas com funções enzimáticas (SAU & MINGUEZ, 1990). Assim, o estresse nitrogenado reduziu a expansão da área foliar devido à diminuição na taxa de divisão celular (PATE, 1980), limitando a capacidade fotossintética da planta (GREGORY, 1926; CROWTHER, 1934; WATSON, 1947; MORTON & WATSON, 1948) e diminuindo também a fixação de CO₂ por unidade de área foliar (NATR, 1975).

Até os 10 DAS não constatou-se diferenças significativas na área foliar específica (AFE) das plantas em todos os tratamentos testados (Figura 2D). A partir desta época, a AFE das plantas crescidas em água destilada, estabilizou-se, ao passo que as demais, cultivadas em solução nutritiva com e sem nitrogênio, tiveram um comportamento semelhante e ascendente. A inexistência de variação da AFE das plantas submetidas ao tratamento com água destilada ao longo do tempo, deveu-se aos acréscimos na mesma proporção ocorrido tanto na matéria seca quanto na expansão foliar (Figura 1B e 2D)

As semelhanças na tendência de comportamento da AFE ocorrido com as plantas irrigadas com soluções nutritivas completa e sem nitrogênio, sugerem que as variações ocorridas entre peso da

Matéria seca da folha e a área foliar (Figuras 1B e 2A) foram proporcionais. Constata-se portanto, que o fornecimento de nitrogênio não alterou a área foliar específica e conseqüentemente a espessura da lâmina foliar. Resultados semelhantes foram observados por YOSHIDA et alii (1969) em folhas de plantas de arroz, onde o fornecimento de nitrogênio exógeno aumentou proporcionalmente tanto a área quanto o peso foliar, não alterando assim a área foliar específica.

4.2 - Mobilização e particionamento do nitrogênio

O conteúdo de nitrogênio total nos cotilédones decresceu até os 10 DAS, estabilizando-se a seguir até os 20 DAS (Figura 3A). Estas alterações foram acompanhadas no tempo, pela queda e estabilização no peso da matéria seca dos cotilédones (Figura 1A).

O decréscimo no conteúdo de nitrogênio cotiledonar foi acompanhado por um forte aumento no conteúdo de nitrogênio das folhas (Figura 3B). Esses resultados demonstraram que o nitrogênio oriundo dos cotilédones foi mobilizado preferencialmente para as folhas até o 10 DAS. Segundo YOCUN (1925) em plântulas de trigo, praticamente todo o nitrogênio presente no cotilédone foi mobilizado até os 12 DAS. Por outro lado, foi verificado em plântulas de ervilha, que havia uma total dependência do

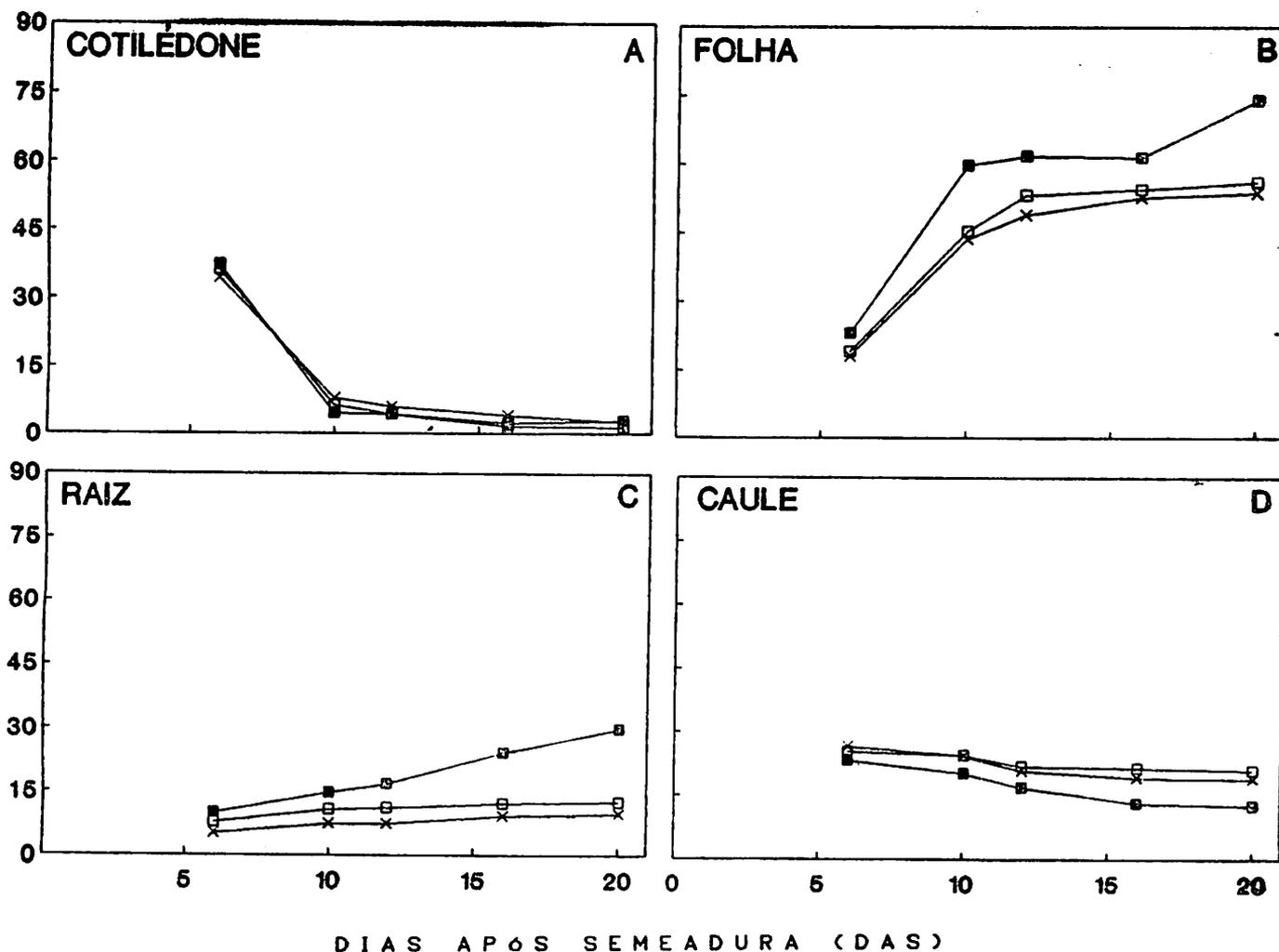


Figura 3 - Conteúdo de nitrogênio total nas diferentes partes da planta de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados: água destilada —x—; solução nutritiva completa —■—; solução nutritiva sem nitrogênio —□—.

nitrogênio oriundo da semente até os 15 DAS ocorrendo após este período, o início da fixação simbiótica de nitrogênio pelos nódulos (DEJONG & PHILLIPS, 1981). Até os 12 DAS, constatou-se também que as plantas cultivadas em solução nutritiva completa tiveram um conteúdo de nitrogênio foliar superior ao daquelas cultivadas em solução nutritiva sem nitrogênio e em água destilada. Isto se deveu a absorção radicular do nitrogênio presente na solução nutritiva e posterior incorporação nos tecidos foliares. Resultados semelhantes foram obtidos em plantas de trigo (DAVIDSON & LECLERE, 1923) e bétula (INGESTAD, 1979), os quais constataram que o conteúdo de nitrogênio das plantas foi determinado pela disponibilidade deste elemento no substrato de cultivo.

A partir dos 10 DAS, em decorrência das reservas cotiledonares se encontrarem quase que totalmente exauridas, houve praticamente uma estabilização do conteúdo de nitrogênio foliar nas plantas cultivadas na ausência de nitrogênio e em água destilada (Figura 3B). Esta estabilização foi acompanhada por uma menor taxa de crescimento foliar (Figura 1B). Por outro lado, as plantas que tiveram disponibilidade de nitrogênio no meio de cultivo, tiveram um período de estabilização do conteúdo de nitrogênio foliar entre 10 e 16 DAS, aumentando a partir desta época até os 20 DAS, sendo em média superior aos demais tratamentos nutricionais. Estas tendências foram também

observadas para a matéria seca das folhas (Figura 1B), mostrando uma relação direta entre o conteúdo de nitrogênio e o crescimento da planta.

Como as plantas que receberam nitrogênio exógeno apresentaram um maior conteúdo de nitrogênio foliar a partir dos 10 DAS (Figura 3B), tudo indica que antes mesmo das reservas nitrogenadas cotiledonares terem se exaurido, estas plantas já estavam, provavelmente, absorvendo e incorporando o nitrogênio nos tecidos foliares. Sendo assim, qualquer incremento observado no conteúdo de nitrogênio foliar ocorreu em resposta ao nitrogênio fornecido pela solução, visto que aos 10 DAS, houve o esgotamento das reservas de nitrogênio armazenadas nos cotilédones (Figura 3A).

Com relação às raízes (Figura 3C), observa-se que as plantas irrigadas com solução nutritiva sem nitrogênio e água destilada apresentaram um ligeiro aumento no conteúdo de nitrogênio total até o 10 DAS, estabilizando-se até o 20 DAS. Por outro lado, as plantas irrigadas com solução nutritiva completa, aumentaram quase que linearmente durante todo o período experimental. Este comportamento reflete a importância do suprimento de nitrogênio exógeno, visto que as plantas submetidas a tratamentos onde o nitrogênio estava ausente, o pequeno incremento no conteúdo de nitrogênio radicular ocorreu apenas até o 10 DAS; período em que as reservas cotiledonares estavam sendo mobilizadas.

Ao comparar os conteúdos de nitrogênio foliar e radicular

(Figuras 3B e 3C), verifica-se que houve uma mobilização preferencial das reservas nitrogenadas para as folhas, afetando positivamente o crescimento deste órgão (Figura 1B).

Em se tratando do caule, constata-se que plantas irrigadas com solução nutritiva completa, apresentaram um decréscimo gradativo do conteúdo de nitrogênio total até o 20 DAS (Figura 3D). Por outro lado, nas plantas irrigadas com água destilada e solução nutritiva sem nitrogênio, o decréscimo no conteúdo de nitrogênio ocorreu até o 12 DAS, estabilizando-se a seguir até o 20 DAS. As quedas ocorridas no conteúdo de nitrogênio podem ser explicadas provavelmente pelo fato das reservas nitrogenadas terem sido mobilizadas inicialmente (até os 6 DAS) do cotilédone para o caule, e em seguida, remobilizadas para folhas e raízes, em decorrência de suas maiores forças de dreno; sugerindo portanto, a existência de uma hierarquia quanto às prioridades para o particionamento do nitrogênio entre as diversas partes da planta (THORNLEY, 1976). A maior demanda seria das folhas, seguidas pelas raízes e caules, conforme foi sugerido por PATE (1980).

A contínua redução nas taxas do conteúdo de nitrogênio caulinar observada em plantas tratadas com solução nutritiva completa, ocorreu provavelmente em decorrência da força de dreno das folhas e raízes ter sido superior aos demais tratamentos.

4.3 - Eficiência de utilização do nitrogênio (EUN)

A eficiência na utilização do nitrogênio (EUN) nas folhas caule e raízes não diferiu até os 12 DAS com os tratamentos nutricionais, a excessão das raízes aos 10 DAS, (Figura 4A, B e C). A partir de então houve um comportamento diferenciado de acordo com os tratamentos, apresentando aos 20 DAS, uma maior EUN nas folhas e raízes quando as plantas foram tratadas com água destilada. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por WHITE, 1972; GERLOFF, 1976; JENSEN & PETERSSON 1978; CHAPIN, 1980; VITOUSEK, 1982; GLASS, 1983; que constataram um aumento da EUN diante da redução da disponibilidade de nutrientes, levando as plantas a redistribuírem o nitrogênio armazenado em "pools" citoplasmáticos para a fitomassa existente.

Por outro lado, quando apenas o nitrogênio se encontrava ausente, a EUN foi estatisticamente semelhante àquela obtida quando as plantas foram submetidas a solução nutritiva completa. Portanto, parece terem sido os nutrientes presentes na solução nutritiva sem nitrogênio, os responsáveis pela mesma eficiência de folhas e raízes na utilização de nitrogênio tanto na presença quanto na ausência do nutriente (solução nutritiva com nitrogênio e sem nitrogênio, respectivamente).

Segundo RENDIG & TAYLOR (1989) a disponibilidade de nutrientes no meio de cultivo, leva a planta a uma maior absorção do mesmo, não sendo necessário, portanto, sua utilização com

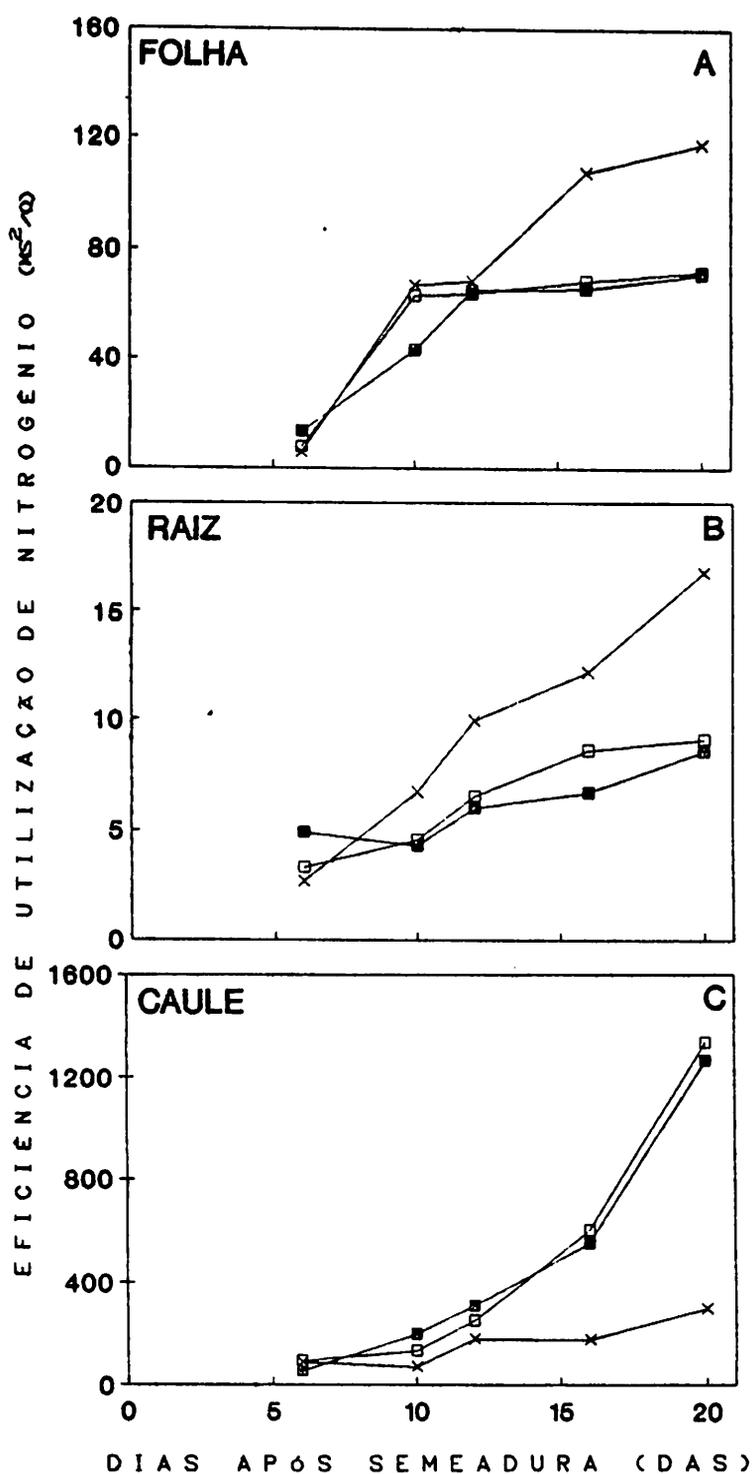


Figura 4 - Eficiência na utilização de nitrogênio (EUN) de diferentes partes da planta de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) e dos tratamentos nutricionais utilizados: água destilada —x— ; solução nutritiva completa —■— ; solução nutritiva sem nitrogênio —□— .

grande eficiência.

No que se refere ao caule (Figura 4C), a EUN até os 12 DAS não diferiu com os tratamentos nutricionais, havendo aos 20 DAS uma EUN superior quando as plantas foram tratadas com as soluções nutritivas completa e sem nitrogênio. Em contrapartida as plantas tratadas com água destilada apresentaram, no mesmo período uma menor EUN. Este comportamento observado no caule, provavelmente, tenha ocorrido em função dos demais nutrientes presentes nas soluções nutritivas; levando as plantas a utilizarem o seu nitrogênio endógeno com maior eficiência, visto que os conteúdos de nitrogênio caulinares não diferiram de acordo com os tratamentos nutricionais estudados (Figura 3D).

5 - CONCLUSÕES

Nas condições e no período de tempo em que foi conduzido o experimento, pôde-se concluir que: a aplicação de nitrogênio foi de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas uma vez que as reservas cotiledonares supriram o crescimento das mesmas até cerca dos 10 dias após sementeira (DAS), independentemente do tratamento nutricional estudado. No que diz respeito à análise de crescimento, constatou-se que a presença de nitrogênio no substrato de cultivo favoreceu o incremento do peso da matéria seca radicular e foliar, além de contribuir para o aumento das áreas foliares em cerca de 40, 25 e 34% respectivamente, quando comparada à utilização da solução nutritiva sem nitrogênio. Constatou-se ainda que o peso da matéria seca e o comprimento caulinar, além da área foliar específica não responderam de forma diferenciada à aplicação do nitrogênio exógeno. Com relação ao conteúdo de nitrogênio total constatou-se

um incremento radicular e foliar em cerca de 70 e 30% quando tratou-se as plantas com solução nutritiva completa em relação àquelas cultivadas na ausência de nitrogênio. Finalmente avaliou-se a eficiência de utilização do nitrogênio, constatando-se respostas superiores; para raízes e folhas diante da utilização de água destilada quando comparados aos tratamentos com solução nutritiva completa e sem nitrogênio. Para caule, a maior eficiência na utilização de nitrogênio ocorreu em plantas irrigadas com as soluções nutritivas. Os resultados mostram, portanto, que o feijoeiro terá um desenvolvimento normal até os 20 DAS se o mesmo for suprido com nitrogênio exógeno.

Em termos práticos, isto significa que a utilização de uma adubação nitrogenada aos 20 DAS, prática cultural às vezes utilizada no campo, poderá acarretar numa redução no crescimento e produção da cultura; sendo necessário, portanto, uma dose adequada de nitrogênio no plantio.

6 - RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação exógena de nitrogênio no processo de mobilização de reservas da semente, no particionamento de assimilados e no desenvolvimento inicial das plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Pintado) conduziu-se um experimento em sala de crescimento no Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), MG. As sementes após serem tratadas e pré germinadas por 72 horas foram selecionadas (quatro) e transplantadas para copos plásticos, contendo 700 gramas de areia previamente lavada com água, ácido clorídrico, hidróxido de sódio e finalmente com água destilada. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso distribuídos em esquema fatorial 3 x 5, com 5 repetições, sendo 3 condições nutricionais: solução nutritiva completa, solução nutritiva sem nitrogênio e água destilada; e 5 épocas de coletas: 6, 10, 12, 16 e 20 dias após semeadura (DAS), que correspondeu a

3, 7, 9, 13, e 17 dias após a aplicação dos tratamentos nutricionais. O cultivo foi realizado sob fotoperíodo de 12 horas e termoperíodo de $26 \pm 4^\circ \text{C}$, $17 \pm 4^\circ \text{C}$ (dia/noite), com uma umidade relativa do ar na faixa de $80 \pm 5\%$.

Aos 6, 10, 12, 16 e 20 dias após semeadura (DAS) determinou-se para raízes, caules, cotilédones e folhas o peso da matéria seca, o conteúdo de nitrogênio total e a eficiência na utilização de nitrogênio. Obteve-se também, a área foliar, a área foliar específica, a altura do caule e a relação parte aérea/raiz.

Como resultados, constatou-se que as reservas cotiledanares se exauriram praticamente aos 10 DAS, independente do tratamento nutricional utilizado. A utilização da solução nutritiva completa favoreceu um incremento da matéria seca foliar e radicular em cerca de 25 e 40% respectivamente, quando comparado a solução nutritiva sem nitrogênio. Não houve variação do peso da matéria seca e do comprimento do caule nos tratamentos nutricionais estudados. Para a área foliar observou-se uma queda de 34% em condições de deficiência de nitrogênio ao se comparar às plantas irrigadas com solução nutritiva completa. A relação parte aérea/raiz foi superior com a utilização da água destilada, decrescendo 60% quando as plantas foram tratadas com solução nutritiva completa e sem nitrogênio. Para a área foliar específica houve uma redução de 70% quando as plantas foram tratadas com água destilada em relação àquelas tratadas com soluções nutritivas com

e sem nitrogênio.

Com relação ao conteúdo de nitrogênio total cotiledonar, constatou-se que o mesmo se exauriu aos 10 DAS, sendo que a partir desta época as plantas irrigadas com solução nutritiva completa, absorveram e incorporaram o nitrogênio do substrato nas raízes e folhas, atingindo aos 20 DAS um incremento de cerca de 70 e 30%, respectivamente, no conteúdo de nitrogênio total quando comparado à solução nutritiva sem nitrogênio e à água destilada. No que diz respeito à eficiência de utilização do nitrogênio, constatou-se respostas superiores para raízes e folhas diante da utilização de água destilada quando comparadas aos tratamentos com solução nutritiva completa e sem nitrogênio. Para o caule, a maior eficiência no uso do nitrogênio ocorreu em plantas irrigadas com soluções nutritivas.

Em termos práticos, isto significa que a utilização de uma adubação nitrogenada aos 20 DAS, prática cultural às vezes utilizada no campo, poderá acarretar numa redução no crescimento e produção da cultura; sendo necessário, portanto, uma dose adequada de nitrogênio no plantio.

SUMMARY

On purpose to evaluate the nitrogen exogenous application effects un mobilization process of seed reserves in division into fractions of assimilates and on initial development bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pintado) has led to an experiment in growth room at Biology Department of Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) MG. The seeds after being treated and previously germinated for 72 hours, they were selected (four) and transplanted to plastic cups, containing 700 grams of sand previously washed with water, chloridric acid, sodium hydroxide and at last distilled water. The experimental design employed was in blocks distribuited an random in factorial scheme 3x5, by 5 repetitions, there are 3 nutritive conditions: complete nutritive solution, nutritive solution without nitrogen and distilled water; and five times of collect: 6th, 10th, 12th, 16th and 20th days after sowing (DAS), that corresponded to 3rd, 7th, 9th, 13th and

17th days after the application of nutritious treatments. The culture was carried out over 12 hours photoperiod and $26 \pm 4^{\circ}\text{C}$, $17 \pm 4^{\circ}\text{C}$, thermoperiod (day/night), with air relative humidity about $80 \pm 5\%$.

On 6th, 10th, 12th, 16th and 20th days after sowing (DAS) defined for roots, stems, cotyledons and leaves: the weight of drying material, contents of total nitrogen and the effectiveness on nitrogen utilization. It has obtained either, the foliage area, the specific foliage area, the stem height and relation between air and root parts.

The results were, the cotyledon reserves has exhausted themselves on 10 DAS, independent of nutritious treatment employed. The utilization of complete nutritive solution has favoured an increase of foliage and root drying material about 25 and 40% respectively, when compared to nutritive solution without nitrogen. There was no variation in height of drying material and length of stem on nutritious treatments already studied. It has observed on foliage area a decrease of 34% in conditions of nitrogen deficiency when compared to irrigated plants with complete nutritive solution. the air and root parts relation was better by the utilization of distilled water, decreasing 60% when plants were treated by complete nutritive solution and without nitrogen.

For the foliage specific area occurred a decrease of 70% when

plants were treated by distilled water in relation to those which were treated by nutritive solution with and without nitrogen.

By the relation of the content of total ~~cotyledon~~ nitrogen, it was verified that the same has exhausted it self on 10 DAS, from that moment on those plants which was irrigated by the complete nutritive solution, absorbed and incorporated the nitrogen of substrate in roots and leaves, reaching 20 (days) an improvement of 70 and 30%, respectively, in content of total nitrogen when compared to nutritive solution without nitrogen and to distilled water. In consideration of the effectness of nitrogen utilization, verified superiors responses for roots and leaves through utilization of distilled water when compared to treatments with complete nutritive solution and without nitrogen. The most efficiency in use of nitrogen, for the stem, has occurred in irrigated plants with nutritive solutions.

In practical ways, it means that an utilization of a nitrogen manuring on 20 DAS, cultural practice occasionally employed on field, will may cause a reduction in growth and culture production, it's becoming necessary, therefore, a suitable dose of nitrogen on planting.

7 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSEN, M. & MAYER, A.M. Photosynthetic and dark fixation of $^{14}\text{CO}_2$ in detached soybean cotyledons. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 20:1-5, 1967.

_____ & SUDIA, T. W. Studies on the soluble carbohydrates and carbohydrate precursors in germination soybean seed. *American Journal of Botany*, Columbus, 53(2): 108-14, 1966.

ADAMS, C. A. & RINNE, R. W. Moisture content as a controlling factor in seed development and germination. *International Review of Cytology*, New York, 68:1-8, 1980.

ASHTON, F. M. Mobilization of storage proteins of seeds. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 27:95-117, 1976.

BEEVERS, L. & GUERNSEY, F. S. Changes in some nitrogenous components during the germination of pea seeds. *Plant Physiology*, Washington, 41(9) 1455-8, Dec. 1966.

BEWLEY, J. D. & BLACK, M. Mobilization of stored seed reserves. In: III Seed. *Physiology of Development and Germination*. New York, Plenum press, 1985. Cap.7, p.253-97.

- BLACK, J. N. The influence of depth of sowing on pre-emergence and early vegetative growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, 7:98-109, 1956.
- BROUWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter the plant. *Netherlands Journal Agricultural Science*, Wageningen, 10:399-408, 1962.
- BUTZ, R. G. & JACKSON, W. A. A mechanism for nitrate transport and reduction. *Phytochemistry*, Elmsford, 16(3):409-17, 1977.
- CHAPIN, F. S. III. The mineral nutrition of wild plant. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, 11:230-60. 1980.
- _____ & WALTER, C. H. S. & CLARKSON, D. T. Growth response of barley and its control by abscisic acid, water relations and photosynthesis. *Plant*. Berlin, 173:352-66. Mar. 1988.
- CHRISPEELS, M.J.; BAUMGARTNER, E. & HARRIS, N. Regulation of reserve protein metabolism in the cotyledons of mung bean seedling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, 73:3168-72, 1976.
- CLEMENT, C. R.; JONES, L.H.P. & HOPPER, M. J. Uptake of nitrogen from flowing nutrient solution: effect of terminated and intermittent nitrate supplies. In: HEWITT, E. I. & CULTING, C. V. (eds) *Nitrogen Assimilation of Plants*. London, Academic Press, 1979.

- CROWTHER, F. Studies in growth analyses of the cotton plant under irrigation in the Sudan. *Annals of Botany*, London, 48:877-914, 1934.
- DAUSSANT, J.; NEUCERE N. J. & CONKERTON, E. J. Immunochemical studies on *Arachis hypogaea* proteins with particular reference to the reserve proteins II. Protein modification during germination. *Plant Physiology*, Washington, 44(4):480-484, Apr. 1969.
- DAVIDSON, J. & LECLERE, J. A. Effect of various inorganic nitrogen compounds applied at different stages of growth on the yield, composition, and quality of wheat. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 23(2): 55-68, Jan. 1923.
- DEJONG, T. M. & PHILLIPS, D. A. Nitrogen stress and apparent photosynthesis in symbiotically grown *Pisum sativum* L. *Plant Physiology*, Washington, 68(2):309-313, Aug. 1981.
- DOSTAL, R. *On integration in plants*. Harvard, University Press 1967. 218p.
- DREW, M. C.; JACKSON, M. B. & GIFFARD, S. Ethylene promoted adventitious rooting and development of cortical air spaces (aerenchyma) in roots may be adaptive response to flooding in *Zea mays* L.. *Planta*, Berlin, 147(1):83-8. Oct. 1979.
- ELPIDINA, E. N.; DUNAEVSKY, Y. E. & BELOZERSKY, M. A. Protein bodies from buckwheat seed cotyledons: isolation and characteristics. *Journal of Experimental Botany*, London, 41(229):969-77, Aug. 1990.

- FERREIRA, A. G.; DIETRICH, S. M. C. & HANDRO, W. Changes in the metabolism of *Araucaria angustifolia* during the early phases of germination and growth. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, 2(1):67-71, Ago. 1979.
- FIELD, C. & MOONEY, H. A. Leaf age and season effects on light, water and nitrogen use efficiency in a California shrub. *Oecologia*, Berlin, 56:348-55. 1983.
- _____ & _____. The photosynthesis nitrogen relation. Cambridge, Cambridge University Press. 1936.
- GERLOFF, G. C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus, and potassium. In: Wright, M. J. & FERRARI, S. A. (eds) *Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soil*. Beltsville Maryland, 1976. p.161-73.
- GLASS, A. D. M. Regulation of ion transport. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 34:311-26. 1983.
- GOMIDE, M. B. & CASTRO NETO, P. Determinação da área foliar *in vitro* no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, Lavras, 13(2):152-5. Ago. 1989.
- GOODWIN, T. W. & MERCER, E. I. *Introduction to Plant Biochemistry*. 2.ed. Oxford. Pergamon Press. 1983. 667p.
- GREGORY, F. G. Effect of climatic conditions on the growth of barley. *Annals of Botany*, London, 40:1-26. 1926.

- GROENEVELD, H. W.; ELINGS, J. C.; BLANCO, M.S.J. & BRAMWELL, D. Mobilization of reserves and synthesis of sterols and triterpenes in seedlings of two canarian *Euphorbia* species. *Annals of Botany*, London, 62:303-11, 1988.
- GUZZELLI, E. M. F. M. Efeito de nitrato e amônio no crescimento, assimilação e eficiência de utilização do nitrogênio por cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na fase inicial de crescimento. Lavras, ESAL, 1988. 112p. (Tese MS).
- HARPER, J. L. & OBEID, M. The influence of seed size and depth of sowing on the establishment and growth of varieties of fiber and oil seed flax. *Crop Science*, Madison, 7: 527-32, Sep/Oct. 1967.
- HARRIS, N. & CHRISPEELS, M. J. Histochemical and biochemical observations on storage protein metabolism and protein body autolysis in cotyledons of germinating mung beans. *Plant Physiology*, Washington, 56(2) 292-299, Aug. 1975.
- ; SMITH, D. L. & MACKENDER, R. O. Growth analysis of soybean seedlings during the lifespan of cotyledons. *Annals of Botany*, London, 57(1):69-79, Jan. 1986.
- HEIMER, Y. M. & FILNER, F. Regulation of the nitrate assimilation pathway in cultured tobacco cells. III. The nitrate uptake system. *Biochemistry and Biophysics Acta*, New York, 230:362-72, 1971.
- HENSON, P. R. & TAYMAN, L. A. Seed weights of varieties of birdsfoot trefoil as affecting seedling growth. *Crop Science*, Madison, 1:306-8, Jul/Aug. 1961.

- INGESTAD, T. Nitrogen stress in birch seedlings. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 45(1):149-157, Jan. 1979.
- INGLE, J.; BEEVERS, L. & HAGEMAN, R. H. Metabolic changes associated with the germination of corn I. Changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum, and endosperm. *Plant Physiology*, Washington, 39(5):735-40, Sep. 1964.
- JACKSON, N. A.; FLESHER, D. & HAGEMAN R. H. Nitrate uptake by dark-grow corn seedings: some characteristics of apparent induction. *Plant Physiology*, Washington, 51:120-7. 1973.
- JENSEN, P. & PETERSON, N. S. Allosteric regulation of potassium uptake in plant root. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 42(1):207-13. 1978.
- KJELDON, M. *Official and Agricultural Chemists*. Association of official and agricultural chemists, Washington, 1965. p.744-45
- KUIPER, D. & KUIPER, P. J. C. Ca^+ & Mg^{+2} simulated ATPases from roots of *Plantago lanceolata*, *Plantago media* e *Plantago coronopus*: response to alterations of the level of mineral nutrition and ecological significance. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 45:240-4. 1979.
- LAWRENCE, D. M.; HALMER, P. & BOWLES, D. J. Mobilisation of storage reserves during germination and early seedling growth of sugar beet. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 78(3):421-9, Mar. 1990.

- LOVELL, P. H. & MOORE, K. G. A comparative study of cotyledons as assimilatory organs *Journal of Experimental Botany*, London, 21(69):1017-30, Nov. 1970.
- _____ & _____. A comparative study of the role of the cotyledon in seedling development. *Ibid*, Chicago, 22:153-62, 1971.
- MACHADO, A. D.; WILLIAMS, W. A. & TUCKER, C. L. Dry matter contribution by cotyledons of lima beans and other epigeal legumes. *Crop Science*, Madison, 14(1):90-3, Jan./Feb. 1974.
- MARSCHNER, R. H. *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press. 1986. 874p.
- MAYER, A. M. & SHAIN, Y. Control of seed germination. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto 25:167-93, 1974.
- MCALISTER, D. & KROBER, D. A. Translocation of food reserves from soybean cotyledons and their influence on the development of the plant. *Plant Physiology*, Washington, 26(3):525-38, July, 1951.
- METTLER, I. J. & BEEVERS, H. Isolation and characterization of the protein body membrane of castor beans. *Plant Physiology*, Washington 64(3):506-11 Sept. 1979.
- MILLER, E. C. A physiological study of the germination of *Helianthus annuus*. *Annals of Botany*, London, 24: 693-726, 1910.

- MORGAN, M. A.; JACKSON, W. A. & VOLK, R. J. Uptake and assimilation of nitrate by corn roots during and after induction on the nitrate uptake system. *Journal of Experimental Botany*, London, 36(166):856-69, 1985.
- MORTON, A. G. & WATSON, D. J. A physiological study of leaf growth. *Annals of Botany*, London, 12:281-310, 1948
- NATR, L. Influence of mineral nutrition on photosynthesis and the use of assimilates. In: COOPER, J. P. Biol. (ed.) *Photosynthesis and Productivity in Different Environments*. London, Cambridge University Press, 1975. p.537-55.
- NDUNGURU, B. J. & SUMMERFIELD, R. J. Comparative laboratory studies of cowpea (*Vigna unguiculata*) and soyabean (*Glycine max*) under tropical temperature conditions II. Contribution of cotyledons to early seedling growth. *East African Agricultural and Forestry Journal*, Nairabi, 41(1):65-71, July, 1975.
- NEYRA, C. A. & HAGEMAN, R. H. Nitrate uptake and induction of nitrate reductase in excised corn roots. *Plant Physiology*, Washington, 56:692-5, 1975.
- OSCARSON, P. & LARSSON, C. M. Relations between uptake and utilization of NO_3^- in *Pisum* growing exponentially under nitrogen limitation. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 67(1):109-17, May, 1986.
- PATE, J. S. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 31:313-40, 1980.

PUSZTAI, A. Metabolism of trypsin-inhibitory proteins in the germinating seeds of kidney bean *Phaseolus vulgaris*. *Planta*, Berlin, 107(2):121-9, Aug. 1972.

_____ & DUNCAN, I. Changes in proteolytic enzyme activities and transformation of nitrogenous compounds in the germinating seeds of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). *Planta*, Berlin, 96(4):317-25, Feb. 1971.

RENDIG, V. V. & TAYLOR H. N. *Principles of Soil-Plant Interrelationships*. New York. Mc. Graw-Hill Publ. Co., 1989. 279p.

ROBINSON, S. F. & BEEVERS, H. Amino acid transport in germinating castor bean seedlings. *Plant Physiology*, Washington, 68(3):560-6, Sept. 1981.

ROSENBERG, L. A. & RINNE, R. W. Changes in seed constituents during germination and seedling growth of precociously matured soybean seeds (*Glycine max* L. Merrill). *Annals of Botany*, London, 60(6):705-12, Dec. 1987.

RUFTY, T. W.; RAPER, C. D. & HUBER, S. C. Alterations in internal partitioning of carbon in soybean plants in response to nitrogen stress. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 62(3):501-8, Mar. 1984.

RYLE, G. J. A. & HESKETH, J. D. Carbon dioxide uptake in nitrogen-deficient plants. *Crop Science*, Madison, 9(4):451-4, Jul/Aug. 1969.

SAU, F. & MINGUEZ, M. I. Responses of nitrate-fed and nitrogen-fixing soybeans to progressive water stress. *Journal of Experimental Botany*. London, 40(21):497-502, Apr. 1989.

_____ & _____. Response to water stress and recovery of nitrate-fed and nitrogen fixing *Faba bean*. *Journal of Experimental Botany*. Oxford. 41(230):1207-11, Sep. 1990.

SCHAAL, B. A. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*. *American Journal of Botany*, Columbus, 67(5):703-9, May/Jun. 1980.

SCHULZE, E. D. Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B. & ZIEGLER, H. (eds.) *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, 12B, 11: Physiology Plant Ecology*, Berlin, 615-76, 1982.

SIDDIDI, M. Y. & GLASS, A. D. M. Utilization index a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, 4(3):289-302. 1981.

SILVEIRA, J. A. G. Carbono e nitrogênio: partição e produtividade. In: SEBIAGRI, S., *Anais ...*, Piracicaba. Set. FEALQ, Piracicaba, 428p., 1987.

SMITH, D. L. Cotyledon anatomy in the Leguminosae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, London, 86:325-55, 1983.

- THORNLEY, J. H. M. Growth energy and respiration. In: *Mathematical Models in Plant Physiology*. London, Academic Press, 1976. p.123-36.
- VAN DER BOON, J.; STEENHUIZEN, J. W. & STEINGROVER, E. G. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *The Journal of Horticultural Science*. London, 65(3):309-21, May, 1990.
- VAN DER WILDEN, W. & CHRISPPEELS, M. J. Characterization of the isozymes of α mannosidase located in the cell wall, protein bodies and endoplasmatic reticulum of *Phaseolus vulgaris* cotyledons. *Plant Physiology*, Washington, 71(1):82-7, Jan. 1983.
- _____; HERMAN, E. M. & CHRISPPEELS, M. J. Protein bodies of mung bean cotyledons as autophagic organelles. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, Washington, 77(1):428-32, Jan. 1980.
- VEERKAMP, M. T. & KUIPER, P. J. C. The effect of potassium on growth of *Carrex* species from swamp habitats varying from oligotrophic to eutrophic and comparison of physiological reactions of *Carrex* species to P stress and K stress. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 55:242-246. 1982.
- VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficient. *The American Naturalist*. Chicago, 119:553-72. 1982

- WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops II. The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. *Annals of Botany*, London, 11:375-407, 1947.
- WEIS, I. M. The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mirabilis hirsuta*. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 60(6):959-71, Jun. 1982.
- WHITE, R. E. Studies on mineral ion absorption by plants: I. The absorption and utilization of phosphate by *Stylosanthes humilis*, *Phaseolus atropurpureus* and *Desmodium intortum*. *Plant and Soil*, The Hague, 36:427-47, 1972
- YOCUN, L. E. The translocation on the food materials of the wheat seedling. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 31(8):727-44, Oct. 1925.
- YONO, H. & VARNER, U. E. Control of the formation of amyloses and proteases in the cotyledons of germinating peas. *Plant Physiology*, Washington, 51(3):708-13, 1973.
- YOSHIDA, S.; NAAVASERO, S. A. & RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant. *Plant and Soil*, The Hague, 31:48-56, 1969.
- ZEEVAART, J. A. D. & BOYER, G. L. Accumulation and transport of abscisic acid and its metabolics in *Ricinus* and *Xanthium*. *Plant Physiology*, Washington, 74(4):934-9, Apr. 1984.

ZIMMERMAN, M. H. & WEIS, I. M. Fruit size variation and its effects on germination and seedling growth in *Xanthium strumarium*. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 61(9):2309-15, Sep. 1983.

QUADRO 1A - Resumo da análise de variância de matéria seca de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após a semeadura (DAS).

| Fontes de variação | | G.L. | | | Quadrado médio | | |
|--------------------|--|------|-----------|------------|----------------|-----------|--|
| | | Raiz | Caulo | Cotilédone | Folha | | |
| Repetição | | 4 | 0,26 | 0,84 | 2,33 | | |
| Epoca | | 4 | 246,16 ** | 106,45 ** | 146,63 ** | 410,09 ** | |
| Nutrição | | 2 | 188,62 ** | 4,8 * | 1,06 | 70,52 * | |
| Epoca x Nutrição | | 8 | 38,61 ** | 2,24 | 0,79 | 7,19 * | |
| Nutrição: 6 DAS | | 2 | 0,16 | | | 0,48 | |
| Nutrição: 10 DAS | | 2 | 11,25 | | | 5,87 | |
| Nutrição: 12 DAS | | 2 | 17,36 ** | | | 25,13 ** | |
| Nutrição: 16 DAS | | 2 | 66,77 ** | | | 18,28 ** | |
| Nutrição: 20 DAS | | 2 | 247,56 ** | | | 49,5 * | |
| Resíduo | | 56 | 4,46 | 1,15 | 0,55 | 3,17 | |
| Media | | | 6,17 | 5,92 | 3,33 | 10,16 | |
| c.v. (%) | | | 34,21 | 18,09 | 22,34 | 17,51 | |

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO 2A - Peso da matéria seca de raízes de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|---------|----------|---------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 2.042 A | 2.273 A | 3.598 B | 3.250 B | 5.350 C |
| Solução nutriti- ca s/ nitrogênio | 2.350 A | 3.443 A | 4.149 AB | 9.317 A | 12.900 B |
| Solução nutriti- va completa | 2.350 A | 5.250 A | 7.065 A | 9.813 A | 19.410 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 3A - Peso da matéria seca de caules de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 2.483 | 4.666 | 5.400 | 6.507 | 8.317 |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 2.916 | 4.150 | 5.975 | 7.792 | 10.915 |
| Solução nutriti- va completa | 3.100 | 4.091 | 5.931 | 6.358 | 10.258 |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 4A - Peso da matéria seca dos cotilédones de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 9.750 | 2.400 | 1.786 | 1.916 | 1.908 |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 8.566 | 2.325 | 2.343 | 1.630 | 1.583 |
| Solução nutriti- va completa | 8.425 | 1.833 | 1.766 | 1.575 | 2.133 |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 5A - Peso da matéria seca de folhas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|---------|----------|----------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 2.141 A | 6.900 A | 10.400 B | 11.633 B | 14.208 B |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 2.333 A | 8.358 A | 9.775 B | 11.577 B | 14.658 B |
| Solução nutriti- va completa | 2.750 A | 9.016 A | 13.932 A | 14.916 A | 19.869 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 6A - Resumo da análise de variância da área foliar de plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após semeadura (DAS).

| Fontes de variação | G.L. | Quadrado médio |
|---------------------|------|----------------|
| Repetição | 3 | 74927.858 * |
| Época | 2 | 1018387.824 ** |
| Nutrição | 4 | 1377287.212 ** |
| Época x Nutrição | 8 | 221957.879 ** |
| Nutrição x (6 DAS) | 2 | 2447.618 |
| Nutrição x (10 DAS) | 2 | 18166.965 |
| Nutrição x (12 DAS) | 2 | 110458.785 |
| Nutrição x (16 DAS) | 2 | 558500.489 |
| Nutrição x (20 DAS) | 2 | 1216645.483 |
| Resíduo | 42 | 22346.780 ** |
| Média | | 449.945 |
| c.v. (%) | | 33.22 |

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

QUADRO 7A - Área foliar de plantas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|---------|----------|---------|---------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 40.78 A | 169.1 A | 214.7 B | 235.3 B | 322.8 C |
| Solução nutriti- ca s/ nitrogênio | 45.20 A | 240.8 A | 546.6 A | 794.5 A | 993.4 B |
| Solução nutriti- va completa | 85.67 A | 303.8 A | 395.7 AB | 944.2 A | 1417 B |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 8A - Resumo da análise de variância da altura do caule de plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após a semeadura (DAS).

| Fontes de variação | G.L. | Quadrado médio |
|---------------------|------|----------------|
| Repetição | 3 | 0.181 |
| Época | 2 | 52.680 ** |
| Nutrição | 4 | 144.303 ** |
| Época x Nutrição | 8 | 9.729 ** |
| Nutrição x (6 DAS) | 2 | 2.264 |
| Nutrição x (10 DAS) | 2 | 0.144 |
| Nutrição x (12 DAS) | 2 | 4.008 |
| Nutrição x (16 DAS) | 2 | 18.38 ** |
| Nutrição x (20 DAS) | 2 | 66.804 ** |
| Resíduo | 42 | 1.612 |
| Média | | 10.739 |
| c.v. (%) | | 11.82 |

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

QUADRO 9A - Altura do caule de plantas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 4.296 A | 10.165 A | 10.570 A | 10.080 B | 9.473 B |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 4.962 A | 10.410 A | 12.180 A | 13.323 A | 15.488 A |
| Solução nutriti- va completa | 5.798 A | 10.538 A | 12.405 A | 14.130 A | 17.173 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 10A - Resumo da análise de variância da relação parte aérea: raiz de plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após semeadura (DAS).

| Fontes de variação | G.L. | Quadrado médio |
|---------------------|------|----------------|
| Repetição | 3 | 0,311 |
| Época | 2 | 5,436 ** |
| Nutrição | 4 | 34,697 ** |
| Época x Nutrição | 8 | 4,594 ** |
| Nutrição x (6 DAS) | 2 | 0,117 |
| Nutrição x (10 DAS) | 2 | 10,524 |
| Nutrição x (12 DAS) | 2 | 4,444 * |
| Nutrição x (16 DAS) | 2 | 20,634 ** |
| Nutrição x (20 DAS) | 2 | 0,577 ** |
| Resíduo | 42 | 0,700 |
| Média | | 25,70 |
| c.v. (%) | | 3,256 |

* e ** significativos ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

QUADRO 11A - Relação parte aérea: raiz de plantas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 2.210 A | 5.256 A | 4.664 A | 5.759 A | 5.064 A |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 2.464 A | 3.345 B | 4.134 A | 2.084 B | 2.057 B |
| Solução nutriti- va completa | 2.485 A | 2.409 B | 2.832 B | 2.423 | 1.654 B |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 12A - Resumo da análise de variância da área foliar específica de plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após semeadura (DAS).

| Fontes de variação | G.L. | Quadrado médio |
|---------------------|------|----------------|
| Repetição | 3 | 165,452 |
| Época | 2 | 1776,454 ** |
| Nutrição | 4 | 3269,127 ** |
| Época x Nutrição | 8 | 906,761 ** |
| Nutrição x (6 DAS) | 2 | 144,601 |
| Nutrição x (10 DAS) | 2 | 256,275 |
| Nutrição x (12 DAS) | 2 | 1315,473 * |
| Nutrição x (16 DAS) | 2 | 3008,955 * |
| Nutrição x (20 DAS) | 2 | 2003,400 ** |
| Resíduo | 42 | 157,199 |
| Média | | 47,04 |
| c.v. (%) | | 45,36 |

* e ** significativos ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

QUADRO 13A - Área foliar específica de plantas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 21,98 A | 23,22 A | 21,27 B | 20,22 B | 23,94 C |
| Solução nutritiva s/ nitrogênio | 19,50 A | 20,70 A | 55,36 A | 71,26 A | 46,65 B |
| Solução nutritiva completa | 30,93 A | 35,65 A | 27,58 B | 63,13 A | 70,53 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 14A - Resumo da análise de variância do conteúdo de nitrogênio total (CNT) da raiz, caule, cotilédone, e folha em plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após a semeadura (DAS).

| Fontes de variação | G.L. | Quadrado médio | | | |
|--------------------|------|----------------|-----------|------------|------------|
| | | Raiz | Caule | Cotilédone | Folha |
| Repetição | 1 | 99.710 * | 324.644 * | 46.473 * | 884.699 * |
| Época | 4 | 85.008 * | 80.811 | 1243.542 | 1614.434 * |
| Nutrição | 2 | 339.074 ** | 36.697 * | 2.567 | 452.101 ** |
| Época x Nutrição | 8 | 26.705 * | 3.390 | 3.494 | 13.615 |
| Nutrição: 6 DAS | 2 | 10.814 | | | 156.463 * |
| Nutrição: 10 DAS | 2 | 27.053 | | | 85.499 * |
| Nutrição: 12 DAS | 2 | 44.045 | | | 43.356 * |
| Nutrição: 16 DAS | 2 | 125.770 * | | | 246.557 ** |
| Nutrição: 20 DAS | 2 | 238.211 ** | | | |
| Resíduo | 14 | 6.709 | 20.932 | 6.024 | 34.463 |
| Média | | 12.568 | 20.978 | 10.356 | 48.379 |
| c.v. (%) | | 20.61 | 21.81 | 23.70 | 12.13 |

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

QUADRO 15A - Conteúdo de nitrogênio total de raízes de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 5.217 A | 7.296 A | 7.377 A | 9.202 B | 2.628 B |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 7.796 A | 10.743 A | 11.549 A | 12.056 B | 12.478 B |
| Solução nutriti- va completa | 9.858 A | 14.647 A | 16.744 A | 24.140 A | 29.794 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 16A - Conteúdo de nitrogênio total de caules de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 26.536 A | 24.478 A | 20.952 A | 19.293 A | 18.966 A |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 25.483 A | 24.558 A | 21.995 A | 22.558 A | 21.066 A |
| Solução nutriti- va completa | 23.374 A | 20.250 A | 17.017 A | 19.293 A | 12.719 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 17A - Conteúdo de nitrogênio total de cotilédones de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 34.360 | 7.884 | 5.867 | 3.994 | 2.499 |
| Solução nutritiva s/ nitrogênio | 36.148 | 6.312 | 4.264 | 1.614 | 1.369 |
| Solução nutritiva completa | 37.323 | 4.436 | 4.273 | 2.095 | 2.901 |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 18A - Conteúdo de nitrogênio total de folhas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Pintado) em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 18.016 A | 43.746 B | 49.033 B | 52.728 B | 53.777 B |
| Solução nutritiva s/nitrogênio | 19.009 A | 45.389 B | 53.225 B | 54.512 B | 56.051 B |
| Solução nutritiva completa | 22.949 A | 59.821 A | 61.856 A | 61.535 A | 77.044 A |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 19A - Resumo da análise de variância da eficiência de utilização do nitrogênio em plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos nutricionais até os 20 dias após a semeadura (DAS).

| Fontes de variação | G.L. | Quadrado médio | | | |
|--------------------|------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| | | Raíz | Caule | Cotilédone | Folha |
| Repetição | 1 | 13.850 * | 89953.152 | 1386.520 | 1214.251 * |
| Época | 4 | 25,55 ** | 800910.293 ** | 2263.755 ** | 3312.946 ** |
| Nutrição | 2 | 21.290 * | 403521.375 ** | 1254.644 | 2437.247 ** |
| Época x Nutrição | 8 | 9.171 ** | 164992.070 * | 578.133 | 1096.470 ** |
| Nutrição: 6 DAS | 2 | 2.653 | 871.885 | | 32.890 |
| Nutrição: 10 DAS | 2 | 6.121 * | 7809.418 | | 331.461 |
| Nutrição: 12 DAS | 2 | 1.819 | 14222.653 | | 6.917 |
| Nutrição: 16 DAS | 2 | 39.370 ** | 368684.843 * | | 5033.003 ** |
| Nutrição: 20 DAS | 2 | 8.013 ** | 671900.857 ** | | 1418.855 ** |
| Resíduo | 14 | 1.520 | 28204.520 | 588.663 | 93.593 |
| Média | | 4.972 | 376.569 | 52.314 | 46.603 |
| c.v. (%) | | 24.80 | 44.60 | 46,38 | 20.76 |

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

QUADRO 20A - Eficiência na utilização de nitrogênio em raízes de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-------|-------|--------|--------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 2.680 | 5.920 | 9.755 | 12.130 | 15.775 |
| Solução nutritiva s/ nitrogênio | 3.295 | 4.555 | 6.565 | 7.605 | 10.950 |
| Solução nutritiva completa | 2.910 | 3.735 | 5.680 | 6.375 | 9.570 |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 21A - Eficiência na utilização de nitrogênio em caules de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 89.105 | 101.160 | 178.870 | 215.695 | 297.315 |
| Solução nutritiva s/ nitrogênio | 94.660 | 133.395 | 249.945 | 559.480 | 1334.195 |
| Solução nutritiva completa | 56.040 | 196.135 | 308.305 | 499.575 | 1264.655 |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 22A - Eficiência na utilização de nitrogênio em folhas de feijão em função das épocas de avaliação (DAS) considerando os diferentes tratamentos nutricionais.

| Tratamentos nutricionais | Épocas de avaliação (DAS) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Água destilada | 15.700 A | 57.220 | 61.570 | 97.900 | 117.920 |
| Solução nutriti- va s/ nitrogênio | 17.675 A | 63.335 | 64.135 | 71.240 | 76.115 |
| Solução nutriti- va completa | 16.500 | 50.235 | 65.185 | 69.780 | 74.190 |

As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.